



ΜΟΥΣΕΙΟ ΓΟΥΛΑΝΔΡΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΒΙΟΤΟΠΩΝ - ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ

Χημική Σύσταση Υδροβίων Μακροφύτων σε Υγροτόπους της Βόρειας Ελλάδας

Εύα Παπαστεργιάδου

Θεσσαλονίκη 1995

Το Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ) ιδρύθηκε το 1991 ύστερα από πρόταση του ΥΠΕΧΩΔΕ προς την Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, με βάση το συμβόλαιο αριθμός B91/91/SIN/8192 μεταξύ της Επιτροπής Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (Γεν. Διεύθυνση XI) και του Μουσείου Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας.

The Greek Biotope/Wetland Centre has been established in 1991, following a proposal to CEC by the Greek Ministry of Environment, Physical Planning and Public Works, under CEC Contract Number B91/91/SIN/8192 between the Commission of European Communities (DG XI) and The Goulandris Natural History Museum.



Η πλήρης αναφορά στην εργασία αυτή είναι ως εξής:

Παπαστεργιάδου Εύα **1995**. Χημική σύσταση Υδροβίων μακροφύτων σε υγροτόπους της Βόρειας Ελλάδας. Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας, Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ), 27 σελ.

This document may be cited as follows:

Papastergiadou Eva **1995**. Chemical composition of aquatic macrophytes in wetlands of Northern Greece. The Goulandris Natural History Museum, Greek Biotope/Wetland Centre (ΕΚΒΥ), 27 p.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ / CONTENTS

	Σελ. / Page
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ABSTRACT.....	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ / INTRODUCTION.....	4
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ / MATERIALS AND METHODS.....	5
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ / RESULTS AND DISCUSSION.....	7
I. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ / CHEMICAL COMPOSITION OF PLANT SPECIES.....	7
1. <i>Salvinia natans</i>	7
2. <i>Vallisneria spiralis</i>	8
3. <i>Trapa natans</i>	10
4. <i>Nymphoides peltata</i>	11
5. <i>Polygonum amphibium</i>	13
6. <i>Nymphaea alba</i>	14
II. ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΥΠΕΡΟΧΗΣ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ / ORDER OF CATION CONCENTRATION.....	21
III. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΖΩΤΟΥ ΚΑΙ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΣΤΑ ΦΥΤΑ / NITROGEN AND PHOSPHORUS CONTENT OF PLANTS	22
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ / REFERENCES.....	25

ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΥΔΡΟΒΙΩΝ ΜΑΚΡΟΦΥΤΩΝ ΣΕ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥΣ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΕΥΑ ΠΑΠΑΣΤΕΡΓΙΑΔΟΥ¹, Ph.D.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα υδρόβια φυτά, λόγω της γρήγορης αύξησης και της υψηλής τους ικανότητας για αφομοίωση θρεπτικών ουσιών, έχουν αξιοσημείωτες δυνατότητες για αφαίρεση θρεπτικών στοιχείων από το νερό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε καθαρισμούς αποβλήτων.

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η καταγραφή, σε υγροτόπους της Βόρειας Ελλάδας, υδροφυτικών ειδών με υψηλή ικανότητα συσσώρευσης θρεπτικών ή και άλλων στοιχείων, καθώς και των διαφορών στη χημική τους σύσταση.

Για τον σκοπό αυτό αναλύθηκαν δείγματα των ειδών *Salvinia natans*, *Vallisneria spiralis*, *Trapa natans*, *Nymphoides peltata*, *Polygonum amphibium* και *Nymphaea alba* (φύλλα και βλαστοί), τα οποία συλλέχθηκαν από τις εξής λίμνες της Βόρειας Ελλάδας: Μικρή Πρέσπα, Μεγάλη Πρέσπα, Καστοριά, Βεγορίτιδα, Κερκίνη και Βόλβη-Ρεντίνα. Δίνονται τα αποτελέσματα που αφορούν τις συγκεντρώσεις 11 μετάλλων (Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Ni, Cd) καθώς και του αζώτου και του φωσφόρου στους ιστούς των φυτικών ειδών και οι διαφορές στη χημική τους σύσταση. Ακόμη, υπολογίστηκαν ο παράγοντας συγκέντρωσης και ο παράγοντας διάκρισης για το είδος *Nymphaea alba*.

¹ Επιστημονική συνεργάτιδα, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας, Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων, 14ο χλμ. Θεσσαλονίκης-Μιχανιώνας 57001 Θέρμη

CHEMICAL COMPOSITION OF AQUATIC MACROPHYTES IN WETLANDS OF NORTHERN GREECE

EVA PAPASTERGIADOU², Ph.D.

ABSTRACT

The aquatic macrophytes show a remarkable capacity to remove nutrients from water, due to their fast growing rate and high assimilating ability. They represent, therefore, a potential use for the purification of wastewater.

The objectives of this work were: a) to identify hydrophytic species, in wetlands of Northern Greece, with high capability to accumulate nutrients or other elements, and b) to record the differences in their chemical composition.

Plant samples of the species *Salvinia natans*, *Vallisneria spiralis*, *Trapa natans*, *Nymphoides peltata*, *Polygonum amphibium* and *Nymphaea alba* (whole plants - leaves - petioles), were collected and analysed. The plants were collected from the following lakes located in Northern Greece: Mikri Prespa, Megali Prespa, Kastoria, Vegoritis, Kerkini and Volvi-Rentina. The elements determined included 11 metals (Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Ni, Cd), as well as nitrogen and phosphorus. The differences in the chemical composition of the plants are pointed out. The Concentration factor and the Discrimination factor were also calculated for the species *Nymphaea alba*.

² Senior Research Scientist, The Goulandris Natural History Museum, Greek Biotope/Wetland Centre, 14th km Thessaloniki-Mihaniona, GR57001 Thermi, Greece

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα υδρόβια μακρόφυτα, όπως και ορισμένα άλλα υγροτοπικά φυτά, έχουν αξιοσημείωτες δυνατότητες για αφαίρεση θρεπτικών στοιχείων από το νερό, λόγω της γρήγορης αύξησης και της υψηλής τους ικανότητας να αφομοιώνουν τα θρεπτικά στοιχεία. Η πρόσληψη και αφομοίωση θρεπτικών στοιχείων είναι λειτουργία η οποία εξαρτάται από πολλούς παράγοντες στους οποίους περιλαμβάνονται ο ρυθμός αύξησης, η βιομάζα, η περιεκτικότητα των ιστών σε θρεπτικά στοιχεία, οι φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού κ.λπ. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί περαιτέρω στη χρησιμοποίηση των ειδών για καθαρισμό αποβλήτων σε ειδικά κατασκευασμένους υγροτόπους.

Οι πληροφορίες σχετικά με τη χημική σύσταση των υδρόβιων φυτών είναι πολύ χρήσιμες και συμβάλλουν στην καλύτερη γνώση των βιογεωχημικών κύκλων, των τροφικών αλυσίδων, και της οικοφυσιολογίας. Ακόμη πρόσφατες προσεγγίσεις χρησιμοποίησης υδρόβιων φυτών ως τροφή για ζωϊκούς οργανισμούς (Boyd 1978) και για αφαίρεση θρεπτικών συστατικών από ρυπασμένα νερά, απαιτούν δεδομένα για τη χημική σύσταση των φυτών. Πολλές ερευνητικές εργασίες έχουν επικεντρωθεί στην πρόσληψη και συσσώρευση των ανόργανων κατιόντων (Na, K, Ca, Mg) καθώς και του φωσφόρου και αζώτου και στον ρόλο που μπορεί να παίξουν τα ανώτερα υδρόβια μακρόφυτα στη διεργασία την ονομαζόμενη “de-trophication” (Janauer 1981).

Εκτεταμένη επισκόπηση για τη χημική σύσταση των υδρόβιων φυτών έχει γίνει κυρίως από τη Hutchinson (1975). Επίσης, ο Westlake (1975) συγκέντρωσε στοιχεία για ορισμένα φυτά των ποταμών. Η βιβλιογραφία στον Ευρωπαϊκό χώρο είναι επίσης πολύ μεγάλη (Dykyjova 1979, Dykyjova & Kvet 1980, Kovács et al. 1984),

σε αντίθεση με την παντελή έλλειψη σχετικών αναφορών από τον Ελληνικό χώρο.

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν ο εντοπισμός σε υγροτόπους της Βόρειας Ελλάδας, υδροφυτικών ειδών με υψηλή ικανότητα συσσώρευσης θρεπτικών και άλλων ανοργάνων στοιχείων, και η καταγραφή των διαφορών στη χημική τους σύσταση.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Συλλέχθηκαν φυτικά δείγματα από πληθυσμούς των ειδών *Salvinia natans*, *Vallisneria spiralis*, *Trapa natans*, *Nymphoides peltata*, *Polygonum amphibium* και *Nymphaea alba*, από διάφορες λίμνες της Βόρειας Ελλάδας: Μικρή Πρέσπα, Μεγάλη Πρέσπα, Καστοριά, Βεγορίτιδα, Κερκίνη και Βόλβη-Ρεντίνα. Τα φυτικά δείγματα συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της βλαστητικής περιόδου (Μάιος - Ιούλιος 1987). Ταυτόχρονα συλλέγονταν για ανάλυση και νερό της λίμνης. Οι αναλύσεις έγιναν σε ολόκληρο το φυτό, όσον αφορά τα φυτικά δείγματα όλων των ειδών, επειδή είναι δύσκολο να γίνει διαχωρισμός σε επιμέρους τμήματα (φύλλα, βλαστοί, ρίζες). Στο είδος *Nymphaea alba* έγινε και χωριστή ανάλυση στα επιπλέοντα φύλλα και στους μίσχους τους, οι οποίοι είναι βυθισμένοι στο νερό. Στα δείγματα των φυτών και του νερού προσδιορίστηκαν 11 μέταλλα (Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Pb, Ni, Cd, Cu) καθώς και το άζωτο και ο φώσφορος (A.P.H.A. 1980).

Τα φυτικά τμήματα, ξηράθηκαν για 2 ώρες σε πυριατήριο στη θερμοκρασία των 105°C και στη συνέχεια κονιοποιήθηκαν (Allen et al. 1974). Για τη πέψη του φυτικού δείγματος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της υγρής καύσης με μίγμα νιτρικού/υπερχλωρικού οξέος (HNO₃/HClO₄) σε αναλογία 4:1. Για όλα τα δείγματα έγιναν δύο σειρές αναλύσεων. Ο προσδιορισμός των 11 μετάλλων έγινε με τη

φασματοσκοπία της Ατομικής Απορρόφησης. Η ευαισθησία του οργάνου δίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ευαισθησία της Ατομικής Απορρόφησης (PERKIN ELMER, model 2380), για 1% απορρόφηση.

Table 1. Sensitivity of the Atomic Absorption Spectrophotometer (PERKIN ELMER, model 2380), for 1% absorption.

Στοιχείο Element	Ευαισθησία Sensitivity (mg/l)	Στοιχείο Element	Ευαισθησία Sensitivity (mg/l)
Νάτριο (Na)	0,0120	Χαλκός (Cu)	0,077
Κάλιο (K)	0,0430	Κάδμιο (Cd)	0,028
Ασβέστιο (Ca)	0,0920	Χρώμιο (Cr)	0,078
Μαγνήσιο (Mg)	0,0078	Νικέλιο (Ni)	0,140
Σίδηρος (Fe)	0,1000	Μόλυβδος (Pb)	0,190
Μαγγάνιο (Mn)	0,0520		
Ψευδάργυρος (Zn)	0,0180		

Ο προσδιορισμός του ολικού οργανικού αζώτου στα φυτικά δείγματα έγινε με τη μέθοδο Kjeldahl (Allen et.al. 1974, Παπαμίχος - Αληφραγκής 1988) και του φωσφόρου φασματοσκοπικά με τη μέθοδο του φωσφορομολυβδαινικού οξέος (Allen et al. 1974, ΑΡΗΑ 1980). Όλες οι αναλύσεις έγιναν εις διπλούν και δίνεται ο μέσος όρος.

Από τα δεδομένα, υπολογίστηκαν επίσης ο παράγοντας συγκέντρωσης (Concentration factor), και ο παράγοντας διάκρισης (Discrimination factor), με χρήση των τύπων:

$$\text{Παράγοντας Συγκέντρωσης} = \frac{\text{περιεχόμενο του στοιχείου στο φυτό (}\mu\text{g/g ξηρού βάρους)}}{\text{περιεχόμενο του στοιχείου στο νερό (}\mu\text{g/ml)}}$$

$$\text{Παράγοντας Διάκρισης} = \frac{\text{X/Y στο φυτό (περιεχόμενο σε ξηρό υλικό)}}{\text{X/Y στο νερό}}$$

όπου X και Y τα δύο στοιχεία που πρόκειται να συγκριθούν. Ο παράγοντας αυτός εκφράζει την ποσοτική σύνδεση ανάμεσα στα δύο στοιχεία, λαμβάνοντας υπ' όψη το λόγο των δύο στοιχείων στο νερό (Kovács, 1978).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

I. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

Σύντομη περιγραφή των ειδών

Το είδος *Salvinia natans* είναι υδρόβιο πτεριδόφυτο το οποίο πλέει ελεύθερα επάνω στην επιφάνεια του νερού (free floating). Το είδος *Vallisneria spiralis* είναι βυθισμένο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους στο νερό, ριζωμένο στον πυθμένα και μόνο τα άνθη του φτάνουν στην επιφάνεια του νερού (submerged), ενώ τα είδη *Trapa natans*, *Nymphoides peltata*, *Polygonum amphibium*, και *Nymphaea alba* είναι φυτά ριζωμένα στον πυθμένα με φύλλα και άνθη επιπλέοντα στην επιφάνεια του νερού (floating-leaved) (Wetzel 1983).

1. *Salvinia natans*

Το είδος *Salvinia natans* συλλέχθηκε από τέσσερεις σταθμούς στη ΒΑ πλευρά της λίμνης Κερκίνης. Η χημική του σύσταση δίνεται στον Πίνακα 2.

Οι συγκεντρώσεις του καλίου στη φυτομάζα ήταν υψηλότερες σε σύγκριση με τις συγκεντρώσεις Ca και Na στα δείγματα όλων των σταθμών, γεγονός το οποίο συμφωνεί με τα δεδομένα της Hutchinson

Πίνακας 2. Συγκεντρώσεις των μετάλλων στο υδροβίο φυτό *Salvinia natans*

Table 2. Concentration of metals in the aquatic macrophyte *Salvinia natans*

<i>Salvinia natans</i>				
Στοιχείο Element	Λίμνη Κερκίνη (Lake Kerkini)			
	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 2 Station 2	Σταθμός 3 Station 3	Σταθμός 4 Station 4
Na %	1,36	1,62	1,54	0,59
K “	2,56	3,52	3,20	1,46
Ca “	1,33	1,31	1,47	1,29
Mg “	0,32	0,34	0,33	0,44
Fe (μg/g)	136	1640	1940	7172
Mn “	320	360	540	697
Zn “	370	470	530	170
Cu “	4	3	5	9,8
Pb “	12	5	3	10
Ni “	9	10	12	7,5
Cd “	6	15	8	6

(1975) που δείχνουν ότι η περιεκτικότητα των φυτικών ιστών υδροβίων φυτών σε κάλιο είναι υψηλότερη της περιεκτικότητας σε νάτριο, ασβέστιο και μαγνήσιο. Από τα μικροθρεπτικά (Fe, Mn, Zn), το κατιόν του σιδήρου παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές έναντι των άλλων δύο.

2. *Vallisneria spiralis*

Το είδος *Vallisneria spiralis* συλλέχθηκε από δύο σταθμούς στην ανατολική πλευρά της λίμνης Βεγορίτιδας και από ένα σταθμό

Πίνακας 3. Συγκεντρώσεις των μετάλλων στο υδρόβιο φυτό *Vallisneria spiralis*

Table 3. Concentration of metals in the aquatic macrophyte *Vallisneria spiralis*

<i>Vallisneria spiralis</i>			
Στοιχείο Element	Λ. ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑ Lake Vegoritis		Λ. ΒΟΛΒΗ-ΡΕΝΤΙΝΑ Lake Volvi - Rentina
	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 2 Station 2	Σταθμός 1 Station 1
Na %	0,91	0,69	2,32
K “	6,31	6,36	9,68
Ca “	16,02	15,84	1,31
Mg “	0,72	0,71	0,84
Fe (μg/g)	2209	1252	1690
Mn “	280	290	1520
Zn “	132	200	150
Cu “	5	5	7
Pb “	10	9	8
Ni “	15	12	31
Cd “	52	39	2

της λίμνης Βόλβης, στην έξοδο της λίμνης προς το Ρήχιο ποταμό (περιοχή Ρεντίνα). Η χημική του σύσταση δίνεται στον Πίνακα 3.

Οι συγκεντρώσεις του κατιόντος του ασβεστίου είναι πολύ υψηλές στους δύο σταθμούς της λίμνης Βεγορίτιδας (Πίν. 3) και υπερτερούν έναντι των άλλων μακροθρεπτικών στοιχείων. Στα δείγματα που προέρχονται από το σταθμό της Βόλβης υπερέχει το κάλιο και ακολουθούν το νάτριο και το ασβέστιο. Σ' ότι αφορά τα μικροθρεπτικά, υπερέχει σε όλους τους σταθμούς ο σίδηρος, ακολουθούμενος από το μαγγάνιο, οι τιμές του οποίου είναι πολύ υψηλές στα δείγματα της Βόλβης. Παρατηρούνται ακόμη αυξημένες

συγκεντρώσεις καδμίου και νικελίου μέσα στους φυτικούς ιστούς (Πίν. 3).

3. *Trapa natans*

Το είδος *Trapa natans* απειλείται με εξαφάνιση από την Ευρώπη. Υπάρχουν μέχρι σήμερα σχετικά λίγες αναφορές κυρίως από την Κεντρική και ΝΑ Ευρώπη, όπου συναντώνται πληθυσμοί του είδους (Jorga et. al. 1982). Θεωρείται ως ένας ευαίσθητος δείκτης που αντιδρά γρήγορα σε αυξημένες ανθρωπογενείς επιδράσεις.

Το είδος *Trapa natans* συλλέχθηκε από τρεις σταθμούς της λίμνης Βόλβης (νοτιοανατολική πλευρά), δύο σταθμούς της λίμνης Καστοριάς (βορειοδυτική πλευρά) και ένα σταθμό της λίμνης Κερκίνης. Η χημική του σύσταση δίνεται στον Πίνακα 4.

Οι συγκεντρώσεις του κατιόντος ασβεστίου υπερέχουν έναντι των άλλων μακροθρεπτικών στοιχείων στους ιστούς του φυτού *Trapa natans*, ακολουθούμενες από τις συγκεντρώσεις του κατιόντος καλίου, ενώ οι συγκεντρώσεις του νατρίου είναι οι χαμηλότερες (Πίν. 4).

Σ' ότι αφορά τα μικροθρεπτικά στοιχεία υπερέχει το μαγγάνιο ακολουθούμενο από το σίδηρο. Γενικά, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις μεταξύ των σταθμών στις συγκεντρώσεις των περισσότερων κατιόντων (Πίν. 4).

Πίνακας 4. Συγκεντρώσεις των μετάλλων στο υδρόβιο φυτό *Trapa natans***Table 4.** Concentration of metals in the aquatic macrophyte *Trapa natans*

<i>Trapa natans</i>						
Στοιχείο Element	ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ	ΛΙΜΝΗ ΒΟΛΒΗ			ΛΙΜΝΗ ΚΑΣΤΟΡΙΑ	
	Lake Kerkini	Lake Volvi			Lake Kastoria	
	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 2 Station 2	Σταθμός 3 Station 3	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 2 Station 2
Na %	0,22	0,76	0,74	0,79	0,42	0,23
K “	0,86	1,16	1,11	1,12	2,10	1,09
Ca “	1,37	1,46	1,22	1,01	2,61	1,8
Mg “	0,38	1,08	0,98	0,64	0,88	0,71
Fe (μg/g)	142	471	188	136	136	180
Mn “	146	320	370	49,8	570	380
Zn “	19	22	32	21,8	51	31
Cu “	2	3	2	3,6	2,6	3
Pb “	6	8	12	6	9	10
Ni “	11	10	9	10	7	8
Cd “	8	9	7	9	8	6

4. *Nymphoides peltata*

Το είδος *Nymphoides peltata* συλλέχθηκε από τρεις σταθμούς της λίμνης Κερκίνης (δύο στη βορειοδυτική πλευρά και έναν στη βορειοανατολική πλευρά) και από ένα σταθμό της λίμνης Μικρής Πρέσπας (βόρεια πλευρά, περιοχή Βρωμολίμνης). Η χημική του σύσταση δίνεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Συγκεντρώσεις των μετάλλων στο υδρόβιο φυτό *Nymphoides peltata*

Table 5. Concentration of metals in the aquatic macrophyte *Nymphoides peltata*

<i>Nymphoides peltata</i>				
Στοιχείο Element	ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ			Λ. ΜΙΚΡΗ ΠΡΕΣΠΑ
	Lake Kerkini			L. Mikri Prespa
	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 2 Station 2	Σταθμός 3 Station 3	Σταθμός 1 Station 1
Na %	0,53	0,39	1,37	0,39
K “	2,81	1,26	1,37	1,82
Ca “	0,72	0,56	0,69	0,87
Mg “	0,32	0,37	0,36	0,38
Fe (μg/g)	114	119	173	113
Mn “	335	42,4	50,5	210
Zn “	43	24,9	40,6	34
Cu “	2	35	38	10
Pb “	8	10	12	8
Ni “	6	5	6	7
Cd “	6	10	12	9

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι το είδος *Nymphoides peltata* συνήθως αναπτύσσεται σε νερά με υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο (Hild & Rehnelt 1971), όπως άλλωστε αναφέρεται και από το Βορειοελλαδικό χώρο (Παπαστεργιάδου 1990). Σ’ ότι αφορά τις συγκεντρώσεις των στοιχείων μέσα στο φυτό, οι συγκεντρώσεις του κατιόντος του καλίου υπερέχουν σε όλους τους σταθμούς όπου αυτό αναπτύσσεται. Ακολουθεί το ασβέστιο και στη συνέχεια το νάτριο (Πίν. 5). Σ’ ότι αφορά τις συγκεντρώσεις των μικροθρεπτικών υπερέχει το μαγγάνιο έναντι του σιδήρου και ψευδαργύρου, ενώ οι

συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων Pb, Ni, Cd είναι αρκετά χαμηλές.

5. *Polygonum amphibium*

Το *Polygonum amphibium* είναι αμφίβιο είδος, το οποίο συλλέχθηκε από δύο σταθμούς της λίμνης Καστοριάς (ανατολική πλευρά), δύο σταθμούς της λίμνης Μεγάλης Πρέσπας (νότια πλευρά, παραλία χωριού Ψαράδες) και δύο σταθμούς της λίμνης Κερκίνης (ανατολική πλευρά). Η χημική του σύσταση δίνεται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Συγκεντρώσεις των μετάλλων στο υδρόβιο φυτό <i>Polygonum amphibium</i>						
Table 6. Concentration of metals in the aquatic macrophyte <i>Polygonum amphibium</i>						
<i>Polygonum amphibium</i>						
Στοιχείο Element	ΛΙΜΝΗ ΚΑΣΤΟΡΙΑ		Λ. ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ		ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ	
	Lake Kastoria		Lake Megali Prespa		Lake Kerkini	
	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 2 Station 2	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 2 Station 2	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 2 Station 2
Na %	0,10	0,07	0,08	0,19	0,14	0,11
K “	1,61	1,42	2,36	2,76	1,94	1,5
Ca “	2,22	2,11	3,48	2,82	1,13	2,4
Mg “	0,64	0,74	0,42	0,43	0,36	0,46
Fe (μg/g)	396	293	528	619	132	177
Mn “	470	680	140	250	95,2	348
Zn “	31	28	67	46	56,6	73
Cu “	4,7	6,5	5	7	6,9	4
Pb “	12	10	8	10	9	11
Ni “	11	10	9	7	10	8
Cd “	9	8	9	7	8	6

Επειδή το είδος αυτό είναι αμφίβιο, θα πρέπει στη θρέψη του να είναι αρκετά ανεξάρτητο από το νερό. Στις λίμνες της Βόρειας Ελλάδας, απ' όπου συλλέχθηκαν δείγματα του είδους, αναπτύσσεται σε νερά πλούσια σε ασβέστιο και με υψηλό pH (Παπαστεργιάδου 1990). Οι συγκεντρώσεις των στοιχείων μέσα στους φυτικούς ιστούς δείχνουν μια σαφή υπεροχή του ασβεστίου με εξαίρεση ένα σταθμό της λίμνης Κερκίνης, στον οποίο υπερέχει το κάλιο. Σ' ότι αφορά τις συγκεντρώσεις των μικροθρεπτικών, οι συγκεντρώσεις του σιδήρου και του μαγγανίου είναι υψηλές, με ελαφρά υπεροχή του κατιόντος του σιδήρου (Πίν. 6).

Οι συγκεντρώσεις των υπολοίπων κατιόντων Pb, Ni, Cd είναι και εδώ χαμηλές.

6. *Nymphaea alba*

Το είδος *Nymphaea alba* συλλέχθηκε από τέσσερις σταθμούς της λίμνης Κερκίνης (βορειοδυτική και βόρεια πλευρά της λίμνης), καθώς και από δύο σταθμούς της λίμνης Μικρής Πρέσπας (βόρεια πλευρά, περιοχή βρωμολίμνης). Η χημική σύσταση του φυτού δίνεται στον Πίνακα 7.

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε μέταλλα των φυτικών ιστών του είδους *Nymphaea alba* (K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn κλπ.), υπάρχουν πολύ λίγες πληροφορίες (Bernatowicz 1969, Petkova & Lubjanov 1969) σε σύγκριση με άλλα είδη του γένους (*Nymphaea odorata*, *Nymphaea tuberosa*, κλπ.), τα οποία δεν εξαπλούνται στον Ελληνικό χώρο.

Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, για ολόκληρο το φυτό (εκτός από τις ρίζες και τα άνθη) δίνονται στον Πίν. 7. Παρατηρείται γενικά υπεροχή του Na (με εξαίρεση το δείγμα 5 της Πρέσπας) και του K έναντι των άλλων κατιόντων. Επίσης, το

Μη υπερéχει στα περισσότερα δείγματα éναντι του Fe και Zn εκτός του δείγματος 1 της Κερκίνης που υπερéχει ο σίδηρος. Σε κατά μέσο

Πίνακας 7. Συγκεντρώσεις των μετάλλων στο υδρόβιο φυτό <i>Nymphaea alba</i>					
Table 7. Concentrations of metals in the aquatic macrophyte <i>Nymphaea alba</i>					
<i>Nymphaea alba</i>					
Στοιχείο	ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ			Λ. ΜΙΚΡΗ ΠΡΕΣΠΑ	
	Lake Kerkini			L. Mikri Prespa	
	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 2 Station 2	Σταθμός 3 Station 3	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 2 Station 2
Na %	2,8	4,1	4,22	2,205	3,13
K “	1,82	1,7155	2,105	2,795	2,65
Ca “	1,55	1,146	1,145	1,345	1,91
Mg “	0,24	0,2595	0,25	0,176	0,2755
Fe (µg/g)	93,5	68	630,5	134,5	133,5
Mn “	203,5	47,6	363	325	450
Zn “	22,1	25,95	106	41	31
Cu “	5	4	4,8	5,3	6
Pb “	28	40	45	30	32
Ni “	7,6	8	7,5	9	8,5
Cd “	3	2	6	4	3

όρο συγκεντρώσεις, η ακολουθία υπεροχής των κατιόντων για τη *Nymphaea alba* είναι: Na>K>Ca>Mg>Mn>Fe>Zn.

Μια σύγκριση των αποτελεσμάτων μας με τα στοιχεία του Bernatowicz (1969) από την Πολωνία και την Ουγγαρία, για το είδος *Nymphaea alba* δείχνει ότι τα κατιόντα του Na, K, Ca και Mg βρίσκονται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις, ενώ το Mn και ο Fe σε υψηλότερες συγκεντρώσεις από ότι τα δείγματα της *Nymphaea alba* από τη Βόρεια Ελλάδα.

Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων στα δείγματα του νερού για τους σταθμούς όπου έγινε και η συλλογή των φυτικών δειγμάτων δίνονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8. Συγκεντρώσεις των μετάλλων στο νερό στους σταθμούς των λιμνών Κερκίνη και Μικρή Πρέσπα. (Σε όλα τα δείγματα του νερού οι συγκεντρώσεις των στοιχείων Fe, Mn και Zn ήταν κοντά στα όρια ευαισθησίας του οργάνου Fe:0,12, Mn:0,055, Zn:0,018 mg/l)

Table 8. Concentration of metals in the water of lake Kerkini and Mikri Prespa.

Στοιχείο Element	ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ				Λ. ΜΙΚΡΗ ΠΡΕΣΠΑ	
	Lake Kerkini				Lake Mikri Prespa	
	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 2 Station 2	Σταθμός 3 Station 3	Σταθμός 4 Station 4	Σταθμός 1 Station 1	Σταθμός 2 Station 2
Na (mg/l)	11,4	12,0	11,0	12,6	5,0	6,0
K (mg/l)	2,4	2,1	2,6	3,98	1,7	1,9
Ca (mg/l)	19,4	20,4	23,9	16,55	35,8	39,8
Mg (mg/l)	7,6	7,5	7,4	9,8	12,9	15,4
Fe (mg/l)	0,12	0,14	0,13	0,13	0,12	0,14
Mn (mg/l)	0,055	0,060	0,065	0,060	0,055	0,060
Zn (mg/l)	0,018	0,012	0,022	0,012	0,018	0,021

Οι συγκεντρώσεις του ασβεστίου υπερέχουν στο νερό έναντι των άλλων κατιόντων, σε όλους τους σταθμούς και των δυο λιμνών (Πίν. 8).

Στα Σχήματα 1 και 2 δίνονται οι συγκεντρώσεις των κατιόντων χωριστά στα φύλλα και στους μίσχους των φύλλων, για να φανεί η κατανομή των μετάλλων στα διάφορα μέρη του φυτού. Γενικά, οι συγκεντρώσεις όλων των στοιχείων είναι μεγαλύτερες μέσα στους μίσχους των φύλλων, οι οποίοι είναι βυθισμένοι μέσα στο νερό και φτάνουν σε μήκος μέχρι και 7m (κυρίως στα δείγματα της λίμνης Κερκίνης, λόγω της αυξομείωσης της στάθμης), με εξαίρεση το

ασβέστιο, του οποίου οι συγκεντρώσεις είναι μεγαλύτερες στα επιπλέοντα φύλλα.

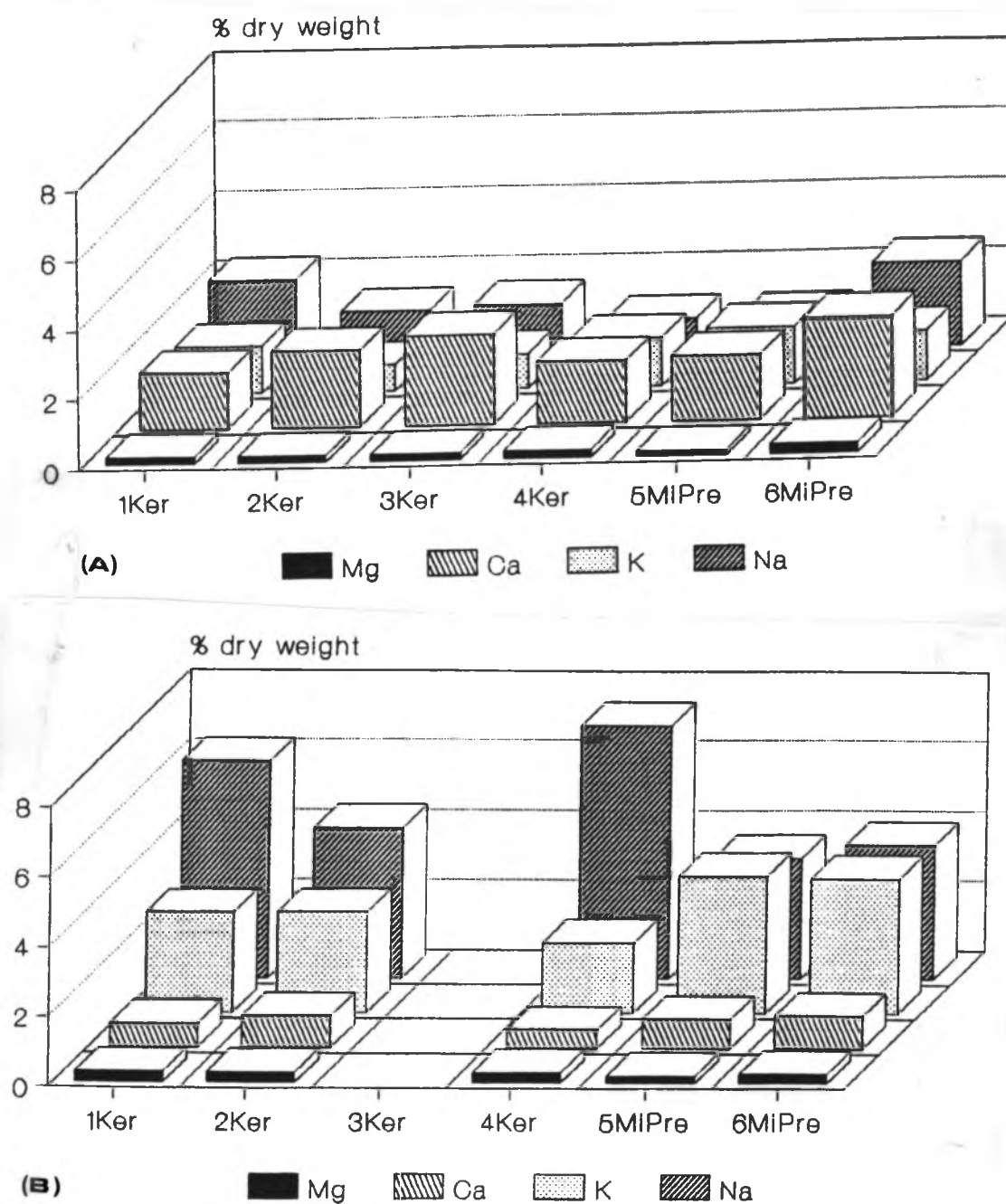
Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Ca στα φύλλα από ότι στους μίσχους αναφέρουν και οι Cowgill (1973, 1974) και Riemer & Toth (1968) για τα είδη *Nymphaea odorata* και *Nymphaea tuberosa*. Μια πιθανή εξήγηση γι' αυτό, σύμφωνα με τους Wetzel (1983) και Hutchinson (1975), είναι ότι τα είδη με επιλέοντα φύλλα, επειδή ακριβώς έχουν τις κύριες φωτοσυνθετικές δομές τους σε επαφή με την ατμόσφαιρα, έχουν γενικά μικρότερες φωτοσυνθετικές κατακρημνίσεις ανθρακικού ασβεστίου στα βυθισμένα τους μέρη.

Στα φύλλα υπερέχει το ασβέστιο έναντι των άλλων κατιόντων (Σχ. 1), με εξαίρεση ένα δείγμα της Κερκίνης (1 ΚΕΡ.) που υπερέχει το νάτριο, και ακολουθούν το νάτριο με υπεροχή έναντι του καλίου (με εξαίρεση τα δείγματα 3 και 5) και τέλος το μαγνήσιο. Η ακολουθία υπεροχής στα φύλλα (μέσες τιμές όλων των δειγμάτων), είναι: $Ca > Na > K > Mg$.

Στους μίσχους υπερέχει το νάτριο (με εξαίρεση το δείγμα 5 από τη Μικρή Πρέσπα που υπερέχει ελαφρά το κάλιο) και ακολουθούν στη συνέχεια το κάλιο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο ($Na > K > Ca > Mg$).

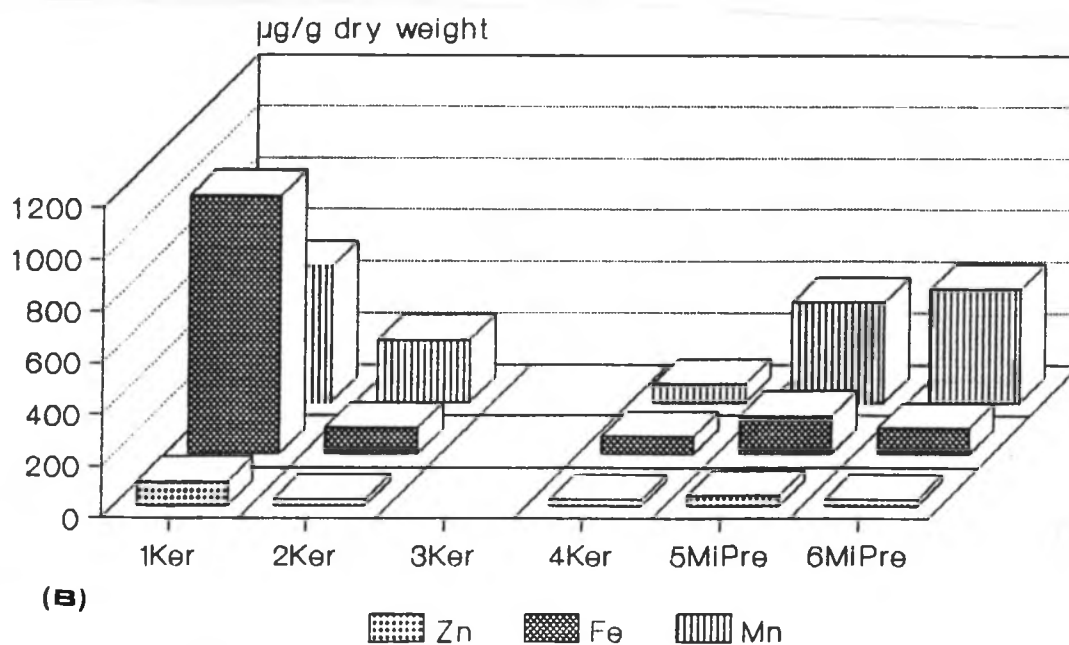
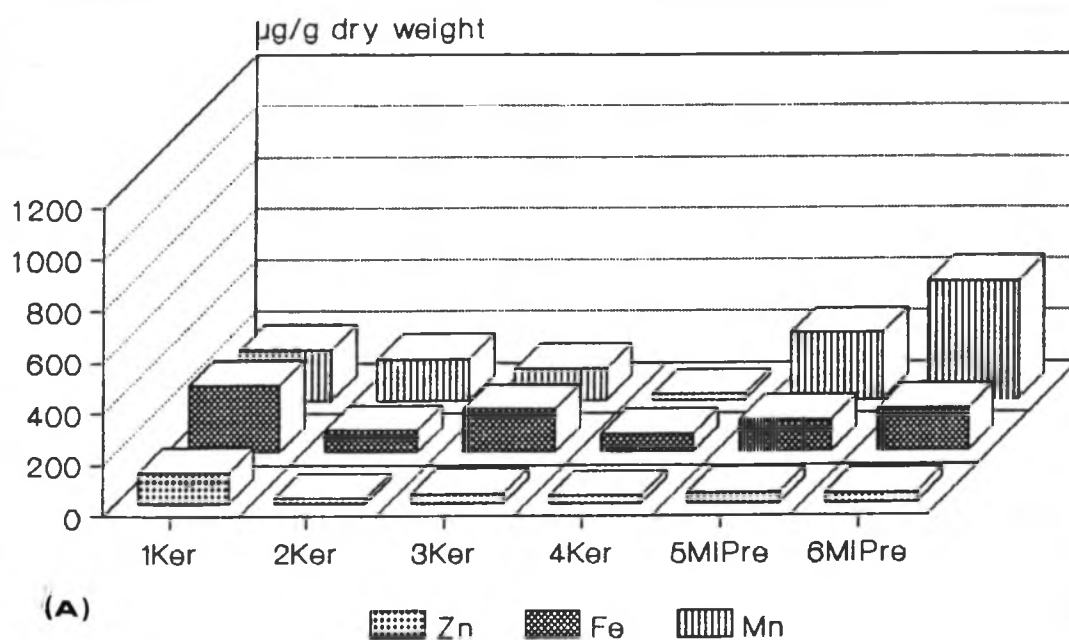
Σε ότι αφορά τις συγκεντρώσεις των κατιόντων Fe, Mn και Zn, στους μίσχους υπερέχει σε όλα τα δείγματα το μαγγάνιο και ακολουθεί ο σίδηρος, όπως παρατηρείται και στα περισσότερα δείγματα στα φύλλα. Ο Zn δεν παρουσιάζει διαφορές στα δύο μέρη (Σχ. 2). Η ακολουθία υπεροχής στα φύλλα και στους μίσχους (μέσες τιμές όλων των δειγμάτων) είναι: $Mn > Fe > Zn$.

Ακόμη υπολογίστηκαν ο παράγοντας συγκέντρωσης (Concentration factor, Πίν. 9), καθώς και ο παράγοντας διάκρισης



Σχήμα 1. Συγκεντρώσεις των κατιόντων Na, K, Ca, Mg στα φύλλα (A) και στους μίσχους των φύλλων (B) του είδους *Nymphaea alba* σε δυο υγροτόπους της Βόρειας Ελλάδας.

Figure 1. Concentration of cations Na, K, Ca, Mg in leaves (A) and petioles (B) of *Nymphaea alba* in two wetlands of Northern Greece



Σχήμα 2. Συγκεντρώσεις των κατιόντων Fe, Mn, Zn στα φύλλα (A) και στους μίσχους των φύλλων (B) του είδους *Nymphaea alba* σε δυο υγροτόπους της Βόρειας Ελλάδας.

Figure 2. Concentration of cations Fe, Mn, Zn in leaves (A) and petioles (B) of *Nymphaea alba* in two wetlands of Northern Greece

Πίνακας 9. Παράγοντας συγκέντρωσης των στοιχείων στο υδρόβιο φυτό *Nymphaea alba*, σε σχέση με τη συγκέντρωσή τους στο νερό των λιμνών.

Table 9. Concentration factor of metals in the aquatic macrophyte *Nymphaea alba*, in relation to their concentration in the water.

<i>Nymphaea alba</i>	
Στοιχείο Element	Παράγοντας συγκέντρωσης Concentration factor
K	10^3 - 10^4
Na	10^3
Ca	10^2
Mg	10^2

(Discrimination factor, Πίν. 10), οι οποίοι είναι γνωστοί από τη βιβλιογραφία και χρησιμοποιήθηκαν από τους Κονάcs (1978), Κονάcs & Toth (1979), Dykyjova (1979), Ráth (1984) κλπ.

Ο παράγοντας συγκέντρωσης χρησιμοποιείται για σύγκριση της περιεκτικότητας του στοιχείου στο φυτό με την αντίστοιχη περιεκτικότητα στο νερό. Το νερό των λιμνών περιέχει κάλιο σε σχετικά μικρές συγκεντρώσεις (Πίν. 8: 1,7-3,98 mg/l). Το στοιχείο αυτό όμως συσσωρεύεται από το εφυδατικό είδος *Nymphaea alba* σε τάξη μεγέθους 10^3 - 10^4 που είναι αξιοσημείωτα υψηλότερη από ότι η συσσώρευση του ασβεστίου και του μαγνησίου (10^2) και εν μέρει και του νατρίου (10^3) (Πίν. 9).

Ο παράγοντας διάκρισης που υπολογίστηκε για διάφορα ζεύγη στοιχείων (Πίν. 10), καθορίζει πιο στοιχείο από τα δύο προτιμάται από τα φυτικά είδη. Αν και χρησιμοποιείται ευρέως, βρίσκει εφαρμογή κυρίως στα ελεύθερα πλέοντα φυτά, τα οποία προσλαμβάνουν στοιχεία μόνο από το νερό.

Πίνακας 10. Παράγοντας διάκρισης για διάφορα ζεύγη στοιχείων στο φυτό *Nymphaea alba*.

Table 10. Discrimination factor for different pairs of metals in the aquatic macrophyte *Nymphaea alba*.

<i>Nymphaea alba</i>	
Στοιχείο Element	Παράγοντας διάκρισης Discrimination factor
Na/K	0,267-0,756
Mg/Ca	0,361-0,425
Mn/Fe	1,5-7,35
Mn/Zn	1,12-4,76
Fe/Zn	0,39-0,89

Η *Nymphaea alba* δείχνει προτίμηση στη συσσώρευση του καλίου έναντι του νατρίου, του ασβεστίου έναντι του μαγνησίου καθώς και του μαγγανίου έναντι των σιδήρου και ψευδαργύρου ,και τέλος, στη συσσώρευση του ψευδαργύρου έναντι του σιδήρου.

Με τις ικανότητες συσσώρευσης στοιχείων τα υδρόβια φυτά παίζουν σημαντικό ρόλο και μπορούν να ελαττώνουν τις συγκεντρώσεις των υδάτων σε ορισμένα (τοξικά) μέταλλα.

II. ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΥΠΕΡΟΧΗΣ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ

Σύμφωνα με την ακολουθία υπεροχής των κατιόντων Na, K, Ca και Mg, τα φυτά μπορούν να διακριθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- | | |
|--|---|
| <p>1. <u>ΥΠΕΡΟΧΗ Ca</u></p> <p>1.1. Ca>K>Mg>Na
<i>Trapa natans</i>
<i>Polygonum amphibium</i></p> <p>1.2. Ca>K>Na>Mg
<i>Vallisneria spiralis</i></p> <p>1.3. Ca>Na>K>Mg
<i>Nymphaea alba</i> (φύλλα)</p> | <p>2. <u>ΥΠΕΡΟΧΗ K</u></p> <p>2.1. K>Ca>Na>Mg
<i>Nymphoides peltata</i>
<i>Salvinia natans</i> (K>Na>Ca>Mg)</p> <p>3. <u>ΥΠΕΡΟΧΗ Na</u></p> <p>3.1. Na>K>Ca>Mg
(μίσχοι φύλλων)</p> |
|--|---|

Σύμφωνα με την ακολουθία υπεροχής των κατιόντων Fe, Mn, Zn, μπορούν να διακριθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- | | |
|---|--|
| <p>1. <u>ΥΠΕΡΟΧΗ Fe</u></p> <p>1.1. Fe>Mn>Zn
<i>Vallisneria spiralis</i>
<i>Salvinia natans</i> (Fe>Mn≥Zn)
<i>Polygonum amphibium</i>
(Fe≥Mn>Zn)</p> | <p>2. <u>ΥΠΕΡΟΧΗ Mn</u></p> <p>2.1. Mn>Fe>Zn
<i>Trapa natans</i>
<i>Nymphoides peltata</i>
<i>Nymphaea alba</i></p> |
|---|--|

III. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΖΩΤΟΥ ΚΑΙ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Στον Πίνακα II δίνονται οι μέσες συγκεντρώσεις του περιεχομένου του αζώτου και του φωσφόρου των φυτικών ειδών *Salvinia natans*, *Vallisneria spiralis*, *Trapa natans*, *Nymphoides peltata*, *Polygonum amphibium* και *Nymphaea alba*.

Πίνακας 11. Μέσες τιμές του περιεχομένου του αζώτου και του φωσφόρου σε υδρόβια φυτικά είδη

Table 11. Mean values of the contents of nitrogen and phosphorus in various aquatic plant species.

Φυτά Plant species	N %	P %
<i>Salvinia natans</i>	2,03	1,37
<i>Vallisneria spiralis</i>	2,60	1,12
<i>Trapa natans</i>	2,40	1,45
<i>Nymphoides peltata</i>	2,46	1,43
<i>Polygonum amphibium</i>	2,93	1,37
<i>Nymphaea alba</i>	2,16	1,30

Το άζωτο παρουσιάζει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις του στα είδη *Polygonum amphibium* (2,93%), *Vallisneria spiralis* (2,59%) και *Nymphoides peltata* (2,46%). Η χαμηλότερη τιμή εμφανίζεται στο είδος *Salvinia natans* (2,03%).

Ο φωσφόρος παρουσιάζει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις στα είδη *Trapa natans* (1,45 %) και *Nymphoides peltata* (1,43 %). Η χαμηλότερη τιμή εμφανίζεται στο είδος *Vallisneria spiralis* (1,125 %).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστίες απευθύνονται στο ΕΚΒΥ για τη χρηματοδότηση μέρους της εργασίας, στο Εργαστήριο Εδαφολογίας του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος και ιδιαίτερα στον κ. Δ. Αληφραγκή, καθώς και στο Εργαστήριο Συστηματικής Βοτανικής και Φυτογεωγραφίας, και ιδιαίτερα στην κ. Χρύσα Πυρίνη για τη βοήθειά τους στην πραγματοποίηση των χημικών αναλύσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Allen, S., M. Gimsow, J. Parkinson, and C. Quarmby, 1974. *Chemical analysis of ecological materials*. Blackwell Sci. Publ., 569 p.

American Public Health Association (A.P.H.A.) 1980. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 16th ed., New York 1200 p.

Bernatowicz, S., 1969. *Macrophytes in the lake Warniak and their chemical composition*. Ekol. Pol. Ser. A., 17:447-467.

Boyd, E., 1978. *Chemical analyses of some vascular aquatic plants*. Arch. Hydrobiol., 67(1):78-85.

Cowgill, G., 1973. *Biogeochemistry of rare-earth elements in aquatic macrophytes of Linsey Pond, North Branford, Connecticut*. Geochim. Cosmochim. Acta, 37:2329-2345

Cowgill, G., 1974. *The hydrochemistry of Linsley Pond, North Branford, Connecticut. II. The chemical composition of the aquatic macrophytes*. Arch. Hydrobiol. Suppl., 45:1-119.

Dykyjova, D. and I. Kvet, 1980. *Mineral nutrient economy in wetlands on the Trebon basin Biosphere Reserve, Czechoslovakia*. Folia Geobot. Phytotax., 16:335-355.

Dykyjova, D., 1979. *Selective uptake of mineral ions and their concentration factors in aquatic higher plants*. Folia Geobot. Phytotax., 14:267-325.

Hild, J. and K. Rehneit, 1971. *Ökosozilogische Untersuchungen an den Kühlen der Berendonk und des Kermisdahl*. Vegetatio, 22:65-82.

Hutchinson, G. E., 1975. *A Treatise on Limnology III. Limnological Botany*. John Wiley & Sons Inc., New York, 660 p.

Janauer, G. A., 1981. *Die Zonierung submerser Wasserpflanzen und ihre Beziehung zur Gewässerbelastung am Beispiel der Fische (Niederösterreich)*. Verh. Zool. Bot. Ges. in Österreich, Wien, 120:73-98.

Jorga, W., W. Pietsch, and G. Weise, 1982. *Beiträge zur Ökologie und Bioindikation von Trapa natans L.* Limnologica, 1(5):385-394.

Kovács, M., 1978. *The element accumulation in submerged aquatic plant species in lake Balaton*. Acta Biol. Hung., 24(3-4):273-283.

Kovács, M. and S. J. Toth, 1979. *On biogenic accumulation in lake Balaton aquatic plants*. Vituni 14:49-74.

Kovács, M. I. Nyarg and S. J. Toth, 1984. *The microelement content of some submerged and floating aquatic plants*. Acta Botanica Hung. 30(1,2):173-185.

Παπαμίχος, Ν. και Δ. Αληφραγκής, 1988. *Περιγραφή δειγματοληψίας και εργαστηριακή ανάλυση δασικών εδαφών και φυτικών ιστών*. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ., 149 σελ.

Παπαστεργιάδου, Ε., 1990. *Φυτοκοινωνιολογική και οικολογική μελέτη των υδροβίων μακροφύτων (υδροφύτων) στη Βόρεια Ελλάδα*. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Βιολογίας Α.Π.Θ., 266 σελ. και 70 σελ. Παράρτημα.

Petkova, I. and L. Lubjanov, 1969. *Microelement concentrations in macrophytes from Ukraine*. Ukr. Bot. Zh., 26:90-96.

Ráth, B., 1984. *Änderung des N und P gehaltes ser submersen Wasserpflanzen in der Vegetationsperiode*. Arbeitst. IAD, 24:175-178.

Riemer, D. and S. J. Toth, 1968. *A survey of the chemical composition of aquatic plants in New Jersey*. New Jersey Agric. Exp. Stat. Bull., 820 p.

Westlake, D. F., 1975. *Primary production of freshwater macrophytes*. In: Cooper, J. P. (ed.), *Photosynthesis and productivity in different environments*. IBP 3 Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K., 189-206.

Wetzel, R., 1983. *Limnology*. CBS College Publishing, USA, 848p.

Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων (ΕΚΒΥ)
14^ο χλμ. Θεσσαλονίκης-Μηχανιώνας, 57001 Θέρμη
Τηλ: (031) 475604 / 473432 / 473320 Fax: 471795

Η παρούσα έκδοση αποστέλλεται δωρεάν σε Δημόσιες Υπηρεσίες και
Βιβλιοθήκες Ανωτάτων και Ανωτέρων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων.